

LIGHT EMITTING DEVICE, ITS MANUFACTURE, AND DISPLAY

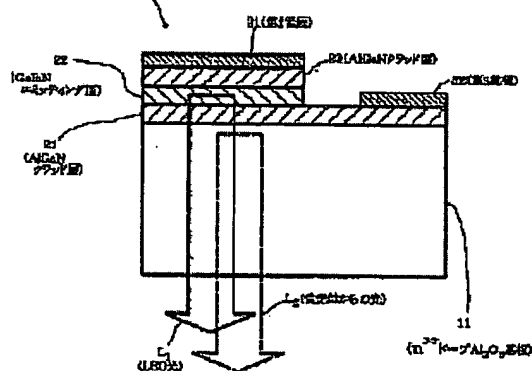
75

Patent number: JP11307813
 Publication date: 1999-11-05
 Inventor: KANEKO YASUHISA
 Applicant: HEWLETT PACKARD CO <HP>
 Classification:
 - International: H01L33/00; G02F1/37
 - european:
 Application number: JP19980108760 19980403
 Priority number(s):

Abstract of JP11307813

PROBLEM TO BE SOLVED: To form a light source composed of semiconductor layers on a phosphor substrate by, particularly, reducing the chromatic dispersion and making the size of the light source reducible.

SOLUTION: In a light emitting device 1, the light source 2 of which is formed of semiconductor layers on a phosphor substrate 11, the light from the light source 2 excites an activator in the substrate 11 and the light emitted from the activator is emitted from the substrate 11 in such a way that only the light is emitted or the light is mixed with the light from the light source 2 and the mixed light is emitted as white light, etc.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-307813

(43) 公開日 平成11年(1999)11月5日

(51) Int.Cl.⁴

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

G 0 2 F 1/37

G 0 2 F 1/37

審査請求 未請求 請求項の数15 FD (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-108760

(22) 出願日 平成10年(1998)4月3日

(71) 出願人 398038580

ヒューレット・パカード・カンパニー
HEWLETT-PACKARD COM
PANY

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 金子 泰久

神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番2号
ヒューレット・パカードラボラトリー
ズジャパンインク内

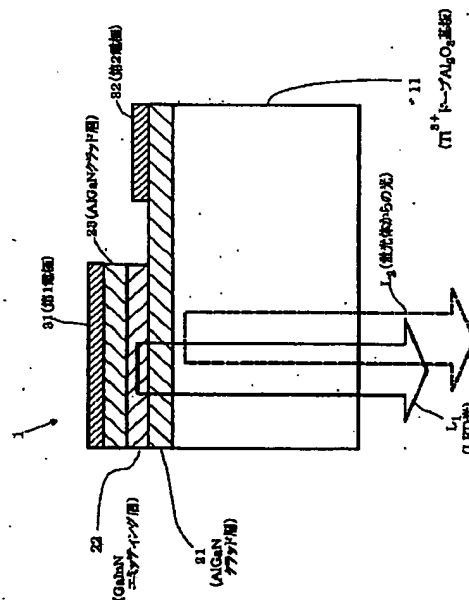
(74) 代理人 弁理士 上野 英夫 (外2名)

(54) 【発明の名称】 発光装置、その製造方法およびディスプレイ

(57) 【要約】

【課題】 特に、色分散が少なく、大きさを極めて小さくできる、蛍光体基板上に半導体層からなる光源が形成されてなる発光装置、その製造方法およびこの発光装置を用いたディスプレイを提供する。

【解決手段】 蛍光体基板11上に、半導体層からなる光源2が形成されてなる発光装置1において、光源2からの光が、蛍光体基板11中の賦活体を励起し、この賦活体からの光が蛍光体基板11から出射されることを特徴とする。このとき、賦活体からの光と、光源2からの光とが混ざり合って白色光等として出射されることもあるし、賦活体からの光のみが出力されることもある。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 蛍光体基板上に、半導体層からなる光源が形成されてなる発光装置において、前記光源からの光が、前記蛍光体基板中の賦活体を励起し、当該賦活体からの光が前記蛍光体基板から出射されることを特徴とする発光装置。

【請求項2】 前記賦活体からの光と、前記光源からの光とが混ざり合って出射されることを特徴とする請求項1に記載の発光装置。

【請求項3】 前記賦活体からの光と、前記光源からの光とが混ざり合って出射される光が白色光であることを特徴とする請求項2に記載の発光装置。

【請求項4】 前記蛍光体基板が、 Al_2O_3 結晶を母材とし、 Cr^{3+} または Ti^{3+} を賦活体とすることを特徴とする請求項1～3の何れかに記載の発光装置。

【請求項5】 前記蛍光体基板が、 $BeAl_2O_4$ 結晶を母材とし、 Cr^{3+} または Ti^{3+} を賦活体とすることを特徴とする請求項1～3の何れかに記載の発光装置。

【請求項6】 前記蛍光体基板が、 MgF_2 結晶を母材とし、 V^{2+} を賦活体とすることを特徴とする請求項1～3の何れかに記載の発光装置。

【請求項7】 前記蛍光体基板中の賦活体濃度が $10^{-17} \sim 10^{-21} (cm^{-3})$ であることを特徴とする請求項4～6の何れかに記載の発光装置。

【請求項8】 蛍光体基板上に、発光ダイオードからなる光源が形成されてなる発光装置において、前記蛍光体基板は非線形光学結晶からなる波長変換構造を有し、前記蛍光体基板が前記光源からの光を入射し、この入射光を波長変換して出射することを特徴とする発光装置。

【請求項9】 前記光源が、発光ダイオード、半導体レーザまたは電界発光素子であることを特徴とする請求項1～8の何れかに記載の発光装置。

【請求項10】 前記光源が、III-V族半導体からなることを特徴とする請求項1～9の何れかに記載の発光装置。

【請求項11】 請求項1～10に記載の発光装置を製造するために用いる方法であって、1種または2種以上の賦活体を、賦活体ノンドープ結晶からなる基板の一方の面からドーパし、この後、前記基板の前記賦活体をドーパした側の面に、半導体からなる光源を形成することを特徴とする発光装置の製造方法。

【請求項12】 請求項1～10に記載の発光装置を製造するために用いる方法であって、賦活体ノンドープ結晶からなる基板の一方の面に、半導体からなる光源を形成し、この後、1種または2種以上の賦活体を、前記光源を形成した側とは反対側の面からドーパすることを特徴とする発光装置の製造方法。

【請求項13】 請求項1～10に記載の発光装置を製

造するために用いる方法であって、

賦活体ノンドープ結晶と賦活体ノンドープ結晶とを積層して蛍光体基板を形成し、この後、前記蛍光体基板の賦活体ノンドープ結晶側に、半導体からなる光源を形成することを特徴とする発光装置の製造方法。

【請求項14】 請求項1～10に記載された発光装置が複数個集合して形成されるディスプレイであって、ディスプレイ基板材が、蛍光体からなり、当該ディスプレイ基板材が、各発光装置の共通の蛍光体基板としての役割をなすことで、前記ディスプレイ基板上に、前記各発光装置の光源となる半導体層が形成されてなることを特徴とするディスプレイ。

【請求項15】 多色を発生するための請求項12に記載のディスプレイであって、前記各発光装置は、第1の色の光を出射する発光装置と、第2の色の光を出射する発光装置とからなり、または、第1の色の光を出射する発光装置と、第2の色の光を出射する発光装置と、・・・、第Nの色の光を出射する発光装置とからなる、ことを特徴とするディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、蛍光体基板上に半導体層からなる光源が形成されてなる発光装置、その製造方法およびこの発光装置を用いたディスプレイに関し、特に、色分散が少なく、大きさを極めて小さくできる前記発光装置、その製造方法およびディスプレイに関する。

【0002】

【技術背景】III-V族窒化物半導体からなる従来の青色の発光ダイオード(LED)光源は、図8に示すように、 Al_2O_3 結晶基板811上に、 $AlGaIn$ クラッド層812と、 $GaInN$ エミティング層813と、 $AlGaIn$ クラッド層814からなる(LED光源を符号81で示す)。クラッド層814と、エミティング層813とは、クラッド層812上の一部領域に形成されており、クラッド層814上には第1電極831が形成され、クラッド層812には、第2電極832が形成されている。

【0003】このような青色LED光源81からの光 L_A を、微細な蛍光体を分散させた透明樹脂材料を通して出射させることにより、青色LED光源81が発生する光の色とは異なる色の光を出射することができる発光装置も知られている。

【0004】たとえば図9に示すように、この種の発光装置9は、LED光源81を、蛍光体を分散させた透明樹脂91によりモールディングすることにより製造される。発光装置9では、LED光源81からの光を蛍光体を分散させた透明樹脂91を介して出射させることによ

り白色光を得ることもできる。すなわち、この蛍光体は、LED光源81からの青色光 L_A と混ざり合っ、白色となるような波長の光を発生させるような物質からなり、LED光源81からの青色光 L_A により励起されると、緑色ないし赤色を含む光 L_B を発生する。この結果、蛍光体からの光 L_B と、励起光であるLED光源81からの青色光 L_A とが混合され、発光装置9からは白色光が射出される。

【0005】ところで、図9に示す従来の発光装置では、LED光源81からの青色光 L_A は、透明樹脂91内で蛍光体による吸収や散乱を繰り返した後、外部に射出される。蛍光体は、透明樹脂91内全体に（すなわち、広い容積部分に）分散しているの、人がLED光源81に対する視点を変えて発光装置を見た場合に色分散が生じる。

【0006】すなわち、当該発光装置を見る角度によって、光 L_A の強度と光 L_B の強度とがバランスして見える（すなわち、白色光として見える）こともあるし、光 L_A の強度と光 L_B の強度とがバランスして見えない（すなわち、一方の光の強度の影響が強く白色光としては見えない）こともある。

【0007】なお、図9に示す従来の発光装置では、透明樹脂91の容積をある程度大きくしなければ、所望の発色を得ることができないため、発光装置を小型化するには限界がある。

【0008】

【発明の目的】本発明の目的は、色分散が少なくかつ、白色発光、色可変発光も可能な発光装置を提供することである。本発明の他の目的は、大きさが極めて小さい発光装置を提供することである。本発明のさらに他の目的は、上記発光装置を用いたディスプレイを提供することである。

【0009】

【発明の概要】ところで、従来、 Al_2O_3 （サファイア）結晶を基板として用い、その上にIII-V族窒化物半導体を成長させたLEDや半導体レーザーが知られている。ここで、サファイア結晶基板は、III-V族窒化物半導体の成長のために用いられている。

【0010】また、従来、固体レーザー用の励起材料として、 Cr^{3+} 、 Ti^{3+} 等の賦活体をドーブしたサファイア結晶が用いられている。サファイア結晶に Cr^{3+} をドーブした固体レーザーは、ルビーレーザーと称される。これは、図6に参照されるように、400nm付近と550nm付近にピークを持つ光吸収特性を有し、フラッシュランプを励起光源として690nmの波長のレーザー光を発生する。サファイア結晶に Ti^{3+} をドーブした固体レーザーは、図6に参照されるように、チタンサファイアレーザーと称され、500nm付近にピークを持つ光吸収特性を有し、アルゴンレーザー（波長488nm）を励起光源として600～1100nmの広い帯域で蛍光

スペクトルを生成する。このチタンサファイアレーザーは、上記のように蛍光スペクトルが幅を持つので、チューナブルレーザーとして使用されている。上記ルビーレーザーやチタンサファイアレーザーに使用される、 Cr^{3+} や Ti^{3+} がドーブされたサファイア結晶は、固体レーザー用の結晶蛍光体として使用されているが半導体成長用の基板としては使用されていない。

【0011】このように、サファイア結晶は、III-V族窒化物半導体の成長のために使用されること（すなわち、サファイア結晶が当該半導体を形成し易いこと）がある一方で、賦活体がドーブされて使用されることもある。本発明者は、LED等の半導体からなる発光装置を製造するに際して、サファイア等の結晶を、III-V族窒化物等の半導体を形成するための基板として用い、かつ賦活体をドーブするための媒体として使用すれば、従来奏し得なかった効果を奏することができる、すなわち色分散が少ない発光が可能となる、との知見を得て本発明を完成するに至った。

【0012】すなわち、本発明の発光装置は、蛍光体基板上に、半導体層からなる光源が形成されてなる発光装置において、前記光源からの光が、前記蛍光体基板中の賦活体を励起し、当該賦活体からの光が前記蛍光体基板から射出されることを特徴とする。ここで、蛍光体基板とは、賦活体ノンドープ結晶に1種または2種以上の賦活体を当該結晶の一部分または全体にドーブして形成することもできるし、賦活体ドーブ結晶と賦活体ノンドープ結晶とを積層して形成することもできる。

【0013】本発明の発光装置では、前記賦活体からの光は、前記光源からの光と混ざり合っ、前記蛍光体基板から射出されるようにできる。この場合、賦活体の濃度を調整することで、賦活体による影響が強い光、または当該影響が弱い光を生成することができる。たとえば、賦活体の濃度を高くする（または、これとともに蛍光体基板を厚くする）ことで、射出光の殆どは賦活体からの光となる。

【0014】本発明の発光装置では、蛍光体基板上に前記光源が形成されている。すなわち、前記光源と、賦活体が存在する部分とは、ごく近接している。これにより、発光装置を見る角度が変わっても、前記光源からの光の強度と賦活体からの光の強度とを適度なバランスに保つことができるので、色分散が少ない光（白色光や、白色光以外の色の光）を得ることができる。

【0015】本発明の発光装置では、光透過性を有すれば、上記蛍光体基板の母材結晶として種々のものが使用できる（もちろん、蛍光体基板上にLED等の光源を形成できることが前提である）。たとえば、光源をIII-V族窒化物半導体からなるLEDにより形成する場合には、上記蛍光体基板の母材としてサファイア結晶が用いられる。III-V族窒化物半導体（格子定数： $a=0.35189\text{nm}$ 、 $c=0.5185\text{nm}$ ）とサファ

イア結晶（格子定数： $a=0.4785\text{nm}$ ， $c=1.2991\text{nm}$ ）との格子不整は13.8%程度である。通常のIII-V族半導体の場合、良好な特性のものを得るには、格子不整は1%以下でなければならない。しかし、III-V族窒化物半導体の場合、これより大きな格子不整があるにもかかわらず、良好な特性のLEDや半導体レーザが実現されている。したがって、III-V族窒化物半導体により光源を構成する場合には、サファイアと同程度の格子定数を持つ結晶を上記蛍光体基板の母材として使用することができる。たとえば、 BeAl_2O_4 （格子定数： $a=0.9404\text{nm}$ ， $b=0.5476\text{nm}$ ， $c=0.4427\text{nm}$ ）、 MgF_2 （格子定数： $a=0.4623\text{nm}$ ， $b=0.3052\text{nm}$ ）等を上記蛍光体基板の母材として使用することもできる。また、本発明の発光装置では、賦活体も、 Cr^{3+} 、 Ti^{3+} 、 V^{2+} 等、種々のものを用いることができる。

【0016】具体的には、たとえば（1）～（5）のようにして上記蛍光体基板を形成することができる。

（1）サファイア結晶を母材として、これに Cr^{3+} をドーピングする（この結晶はルビーと称され、吸収波長は400および550nm、蛍光波長は700である）。

（2）サファイア結晶を母材として、これに Ti^{3+} をドーピングする（この結晶はチタンサファイアと称され、吸収波長は500nm、蛍光波長は600～1100nmである）。

（3） BeAl_2O_4 結晶を母材として、これに Cr^{3+} をドーピングする（この結晶はアレキサンドライトと称され、吸収波長は350～475nm、蛍光波長は500～700nmである）。

（4） BeAl_2O_4 結晶を母材として、これに Ti^{3+} をドーピングする（この結晶はチタンクリソベルと称され、吸収波長は400～650nm、蛍光波長は730～950nmである）。

（5） MgF_2 結晶を母材として、これに V^{2+} をドーピングする（吸収波長は500～700，800～1000nm、蛍光波長は1050～1300nmである）。

なお、上記（1）～（5）の例では、1種の賦活体を母材結晶にドーピングして蛍光体基板を形成しているが、もちろん2種以上の賦活体を母材結晶にドーピングして蛍光体基板を形成することもできる。

【0017】前述したように、サファイア結晶等の母材結晶にドーピングする賦活体の濃度は適宜に設定できる。これにより、種々の色（波長）の光を前記蛍光体基板から出射することができる。たとえば、サファイア結晶（母材結晶）に、賦活体として Cr^{3+} や Ti^{3+} がドーピングされてなる蛍光体基板上に、青色のLED光源を形成する場合には、 Cr^{3+} や Ti^{3+} の濃度は $10^{17} \sim 10^{21} [\text{cm}^{-3}]$ とすることが好ましい。同様に、 BeAl_2O_4 結晶に Cr^{3+} や Ti^{3+} がドーピングされて

なる蛍光体基板上、あるいは MgF_2 結晶に V^{2+} がドーピングされてなる蛍光体基板上に青色のLED光源を形成する場合にも、これらの Cr^{3+} 、 Ti^{3+} 、 V^{2+} の濃度は $10^{17} \sim 10^{21} [\text{cm}^{-3}]$ とすることが好ましい。

【0018】賦活体を分散させるための媒体は、従来ではモールドイングした合成樹脂であるが、本発明では基板母材として使用される結晶であり、合成樹脂によるモールドイングは必須ではない。すなわち、本発明では、後述する実施例で説明するように、従来の発光装置（LED）と同様に、発光装置全体を合成樹脂でモールドイングすることもできるし、発光装置全体を合成樹脂でモールドイングしないようにもできる。特に、発光装置全体を合成樹脂でモールドイングしない場合（あるいは、合成樹脂の大きさを小さくする場合）には、装置の大きさは極めて小さい。

【0019】本発明の発光装置では、蛍光体基板上に発光ダイオードからなる光源を形成し、この蛍光体基板を非線形光学結晶から構成し、前記光源からの光を当該波長変換構造部分を通過させることで、当該光源からの光を波長変換することとができる。もちろん、この場合にも、装置の大きさを極めて小さくできる。

【0020】本発明の製造方法は、上記した発光装置を製造するためのもので、（1）1種または2種以上の賦活体を、賦活体ノンドープ結晶からなる基板の一方の面からドーピングし、この後、前記基板の前記賦活体をドーピングした側の面に、半導体からなる光源を形成すること、

（2）賦活体ノンドープ結晶からなる基板の一方の面に、半導体からなる光源を形成し、この後、1種または2種以上の賦活体を、前記光源を形成した側とは反対側の面からドーピングすること、（3）賦活体ドーピング結晶板と賦活体ノンドープ結晶板とを積層して基板を形成し、この後、前記基板の賦活体ノンドープ結晶板側に、半導体からなる光源を形成すること、を特徴とする。

【0021】本発明のディスプレイは、上記の発光装置が複数個集合して形成される。このディスプレイでは、ディスプレイ基板材が、蛍光体からなり、当該ディスプレイ基板材が、各発光装置の共通の蛍光体基板としての役割をなすことで、前記ディスプレイ基板上に、前記各発光装置の光源となる半導体層が形成されてなることを特徴とする。本発明のディスプレイは、ディスプレイ基板上に形成した光源がすべて同一色（たとえば白色）を出射するように構成することができ、この場合にはモノクロディスプレイとなる。また、本発明のディスプレイは、前記各発光装置を、第1の色の光を出射する発光装置と、第2の色の光を出射する発光装置とから構成すること、または、第1の色の光を出射する発光装置と、第2の色の光を出射する発光装置と、・・・、第Nの色の光を出射する発光装置とから構成することができ、この場合には多色用のディスプレイ（2色以上の色を発光す

るディスプレイ)となる。たとえば3個の発光装置からなる組(それぞれの発光装置は異なる色の光を出射する)を多数、同一のディスプレイ基板材により形成することで、発色方法の多様化を図ることができる。上述したように、本発明のディスプレイで使用される発光装置は、従来の発光装置(LED)と比べて小さいので、ディスプレイの高解像度化も可能となる。なお、本発明のディスプレイでは、各発光装置の光出射部分にカラーフィルタを形成することにより、さらに多様な色の光を発生させることもできる。

【0022】

【実施例】図1は本発明の発光装置の一例を示す図であり、この発光装置1では、賦活体(本実施例では Ti^{3+})がドーパされたサファイア基板(蛍光体基板)11上に、AlGaInクラッド層21と、GaInNエミティング層22と、AlGaInクラッド層23からなるLED光源2が形成されている。

【0023】サファイア基板11上にはクラッド層21が形成され、クラッド層21上の一部領域に、エミティング層22、クラッド層23がこの順で形成されている。このクラッド層23上には第1電極31が形成され、クラッド層21の、エミティング層22およびエミティング層22が形成されていない領域には、第2電極32が形成されている。第1電極31や第2電極32(特に、電極面積が大きい第1電極31)は、サファイア基板11内の Ti^{3+} が発生する光 L_2 の反射鏡としても作用する。第1電極31や第2電極32を反射鏡として使用する技術については、本出願人に譲渡された近藤雄等の発明に係る日本国特許出願(特願平9-345584号)を参照されたい。

【0024】図1では、第1電極31と第2電極32との間に電圧を印加すると、エミティング層22においてLED光 L_1 が生成される。サファイア基板11を通るLED光の一部は賦活体(Ti^{3+})に吸収され、当該賦活体を励起し、また他の一部は、そのまま外部に出力される。このようにして、発光装置1からは、LED光 L_1 と、賦活体が発生する光 L_2 とが混ざり合って出射される。

【0025】図2は、図1の発光装置1が実装されたランプを示す図である。図2では、ランプ4は、直線状をなす第1電極部材41と、この第1電極部材41に並設された概略Γ形状をなす第2電極部材42とを有している。第2電極部材42の上部には凹面をなす載置部421が形成されている。この載置部421には、絶縁基材43が設けられ、当該絶縁基材43には、第1電極パッド441および442が形成されている。載置部421には、図1の発光装置1が、図1の向きとは上下逆向きとなるように載置されている。発光装置1の第1電極31は第1電極パッド441に接続され、発光装置1の第2電極32は第2電極パッド442にパンプ45を介し

て接続されている。電極パッド441と第1電極部材41とは配線461を介して接続され、電極パッド442と第2電極部材42とは配線462を介して接続されている。そして、第1電極部材41の先端、および第2電極部材42の発光装置1が載置された部分は、透明な合成樹脂材料47によりモールドングされている。上述したように、本実施例では、第1電極31や第2電極32(特に、電極面積が大きい第1電極31)は、サファイア基板11内の Ti^{3+} が発生する光 L_2 の反射鏡としても作用するので、発光効率に極めて優れている。

【0026】図3は、図1に示した発光装置1の製造工程を示す図である。まず、賦活体(Ti^{3+})がドーパされたサファイア(Al_2O_3)結晶からなる蛍光体基板に、n-AlGaInクラッド層(LA1)、InGaInエミティング層(LA2)、p-AlGaInクラッド層(LA3)をこの順で形成する(図3(a))。一般に、 Cr^{3+} 、 Ti^{3+} 等の賦活体がドーパされたサファイア結晶の融点は、ノンドープのサファイア結晶の融点(2040℃)と同一であり、かつIII-V族窒化物半導体の成長時における最高温度は、1100℃程度であるので、通常、この程度の温度での賦活体(本実施例では、 Ti^{3+})の拡散が問題となることはない。

【0027】また、一般に、 Cr^{3+} 、 Ti^{3+} 等の賦活体がドーパされたサファイア結晶の格子定数は、ノンドープのサファイア結晶の格子定数や融点(2040℃)と同一である。ノンドープのサファイア結晶基板上にIII-V族窒化物半導体レーザが形成された発光装置が既に存在していることからわかるように、賦活体(本実施例では、 Ti^{3+})がドーパされたサファイア結晶基板上にIII-V族窒化物半導体層を形成することには、通常、支障は生じない。つぎに、p-AlGaInクラッド層(LA3)の一部領域にエッチングマスク(LA4)を形成した後、エッチングマスク(LA4)が形成された領域以外の領域の、p-AlGaInクラッド層(LA3)およびInGaInエミティング層(LA2)をRIE(Reactive Ion Etching)によりエッチングする(図3(b))。そして、エッチングマスク(LA4)を除去して、第1電極31および第2電極32を形成した後(図3(c))、チップング(カット)して、図1に示した発光装置1を得る(図3(d))。

【0028】つぎに、第2電極部材42の載置部421に、絶縁基材43(すでに、電極パッド441および442が形成されている)を取り付けた後、発光装置1をフリップチップボンディングにより、(第1電極31と電極パッド441とが接続され、第2電極32と電極パッド442とが接続されるように)取り付ける(図3(e))。そして、ワイヤボンディングによる配線を行った後、モールドMを用いてモールドングする(図3(f))。なお、上記フリップチップボンディング技術

およびワイヤボンディング技術については、前述した日本国特許出願（特願平9-345584号）に詳細が記されているので、これを参照されたい。

【0029】本実施例では、賦活体として、 Ti^{3+} を用いているので、前述したように（図6参照）賦活体から得られる光の波長は750nmをピークとして600～1100nmの広い範囲（赤色領域ないし近赤外領域）にわたる。この光と、LED光源2からの光とを混ぜ合わせて、白色光とするためには、LED光源2からの光の波長は、500nm付近の青緑色にする必要がある。特に、 Ti^{3+} の吸収ピーク波長がこの付近であるので、LED光源2からの光の波長を、500nm付近とすることにより、高い効率で Ti^{3+} による光を得ることができる。

【0030】なお、本実施例では、賦活体を、ノンドープのサファイア結晶基板の一方の面からドープリ、その後、当該基板の賦活体をドープリした側の面に、LED光源2を形成する場合を説明したが、本発明はこれには限定されない。たとえば、上記の実施例において、LED光源2の形成に際して、すでにドープリしてある賦活体が熱拡散等により所期の作用を奏し得ないといった不都合がある場合には、（1）ノンドープのサファイア結晶からなる基板の一方の面に、LED光源2を形成し、その後、賦活体を、光源を形成した側とは反対側の面からドープリすることもできるし、（2）賦活体ドープリ結晶と賦活体ノンドープ結晶とを積層して蛍光体基板を形成し、その後、蛍光体基板の賦活体ノンドープ結晶側に、LED光源2を形成することで、上記不都合を解消することができる。また、本実施例では、賦活体からの光が結晶基板面に垂直な方向に出射される例を説明したが、結晶基板面の底面にも、反射体を形成しておく等の変更を行い、発光装置を、当該光が結晶基板面の端面から出射されるように構成することもできる。この場合には、結晶基板上に形成したLED光源からの光は装置外部には出力されないの、賦活体からの光のみを得ることができる。

【0031】図4は、さまざまな色の光を混合した場合の色度図である。図4において太線で示す領域がR（赤）、G（緑）、B（青）の3色を混ぜると白色になる部分であり、R、G、Bはそれぞれ630、520、470nm付近の波長にあり、色度図上ではそれぞれ半円の頂点に位置している。それぞれの頂点で結ばれた三角形の中が、その3色で表される色を示しており、白色はちょうどその中点に位置するR。したがって、これら3色の強度を変えることで、白色を表現することができる。この場合、3色のうち1色の強度をゼロとすることで白色を表現することもできる。すなわち、色度図上で2つの色で結ばれた線上に白色領域が存在すればこれら2色で白色を表現することができる。本実施例では、 Ti^{3+} がドープリされた Al_2O_3 からの蛍光の波長は

750nmであり、色度図上では右下の符号 α で示す角付近に相当する。この蛍光と混ざり合っ白色を発生させるためのもう一つの色は、点 α を白色領域を横切る線L上の点 β 、すなわち500nmの青緑色となる。なお、本発明における白色光とは、上記白色領域に含まれる2色または3色の混合した光である。

【0032】図5は、本発明のディスプレイの一実施例を示す図である。図5において、サファイア結晶基板6には、青色LED領域611、白色LED領域612および赤色LED領域613の3つのLED領域からなる組が、多数整列して形成されている。各LED領域は、それぞれディスプレイにおける画素に対応する。なお、同図では、1組（3つ）の画素のみが示されている。本実施例では、各LED領域611、612および613には、それぞれ光源621、622および623が形成されている。これらの光源は、本実施例では互いに同一の構造をなしている。ただし、サファイア結晶基板6の、青色LED領域611はノンドープであり、白色LED領域612には Ti^{3+} が $10^{19} [cm^{-3}]$ でドープリされ、赤色LED領域613には Ti^{3+} が $10^{21} [cm^{-3}]$ でハイドープリされている。

【0033】すなわち、各LED領域611、612、613内には、各領域に共通のn-AlGaInクラッド層(LA1)が形成されている。さらに、LED領域611、612、613内の一部領域には、InGaInエミティング層(LA2)とp-AlGaInクラッド層(LA3)がこの順で形成されている。各LED領域611、612、613において、p-AlGaInクラッド層(LA3)には第1電極が形成され、それぞれ青色用信号線、白色用信号線、赤色用信号線が接続されている。また、各LED領域611、612、613において、n-AlGaInクラッド層(LA1)が形成され、それぞれの第2電極は共通の信号線（グラウンド線）に接続されている。なお、図5では、上記各信号線はワイヤーにより図示してある、実際にはn-AlGaInクラッド層(LA1)上の配線パターンである。

【0034】以上、LED光源をサファイア結晶基板上に形成した場合を説明したが、LED光源に代えて半導体レーザ、電界発光素子等をサファイア結晶基板上に形成することもできる。当該技術分野に属する技術者であれば、上記実施例を理解すれば、当該実施例のLED光源を半導体レーザ、電界発光素子等に代替した本発明の発光装置を製造することができることは明らかであろう。

【0035】次に、図7により、第2高調波発生用の発光装置の実施例を説明する。図7において、発光装置7は、 $Sr_2Be_2BO_7$ 結晶（非線形光学結晶）基板70とこの基板上に形成されたLED発光部71とからなる。

【0036】第2高調波発生用の発光装置7では、LE

D発光部71が、波長420nmのLED光 L_1 を生成し、このLED光 L_1 が、 $Sr_2Be_2BO_7$ 結晶(基板70)を通過することでその端面からは、波長210nmの変調光 L_2 が出力される。

【0037】このような第2高調波発生用の発光装置7も、従来周知のLED製造プロセスや、半導体レーザ製造プロセスにより製造することができる。すなわち、従来のLEDや半導体レーザの製造技術に携わる技術者であれば、本明細書の記述から上記第2高調波発生用の発光装置を製造することができる。

【0038】

【発明の効果】本発明によれば、色分散が少なく、大きさを極小化できる発光装置(特に白色の発光装置)、その製造方法、および当該発光装置を応用したディスプレイを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】賦活体がドーパされたサファイア基板上に、LED光源が形成された、本発明の発光装置の一例を示す図である。

【図2】図1の発光装置が実装されたランプを示す図である。

【図3】図1に示した発光装置1の製造工程を示す図であり、(a)は賦活体がドーパされた Al_2O_3 結晶基板に、n- $AlGaIn$ クラッド層、 $InGaIn$ エミッタ層、p- $AlGaIn$ クラッド層をこの順で形成する様子を示し、(b)はp- $AlGaIn$ クラッド層の一部領域にエッチングマスクを形成した後、p- $AlGaIn$ クラッド層および $InGaIn$ エミッタ層をRIEによりエッチングする様子を示し、(c)はエッチングマスクを除去して、第1電極および第2電極を形成した様子を示し、(d)はチップング(カット)により発光装置が得られた様子を示し、(e)は発光装置をフリップチップボンディングにより取り付ける様子を示し、(f)はワイヤボンディングによる配線を行った後にモールドリングした様子を示している。

【図4】さまざまな色の光を混合した場合の色度図である。

【図5】本発明のディスプレイの一実施例を示す図である。

【図6】賦活体(Cr^{3+} , Ti^{3+})の吸収特性および蛍光特性を示す図である。

【図7】本発明における第2高調波発生用の発光装置を示す図である。

【図8】従来の発光装置におけるLED光源を示す図である。

【図9】図8のLED光源が実装された従来の発光装置を示す図である。

【符号の説明】

- 1 発光装置
- 11 サファイア基板
- 2 LED光源
- 21 $AlGaIn$ クラッド層
- 22 $GaInN$ エミッタ層
- 23 $AlGaIn$ クラッド層
- 31 第1電極
- 32 第2電極
- 4 ランプ
- 41 第1電極部材
- 42 第2電極部材
- 421 載置部
- 43 絶縁基材
- 441, 442 第1電極パッド
- 461, 462 配線
- 6 サファイア結晶基板
- 611 青色LED領域
- 612 白色LED領域
- 613 赤色LED領域
- 621, 622, 623 光源
- L_1 LED光
- L_2 賦活体が発生する光

11 (Ti³⁺ドープAl₂O₃基板)

21 (AlGaIn クラッド層)

22 (GaInN エミッシング層)

23 (AlGaIn クラッド層)

31 (第1電極)

32 (第2電極)

L₁ (LED光)

L₂ (発光体からの光)

(a) P-AlGaInクラッド層LA3
InGaInエミティング層LA2
Al₂O₃
n-AlGaInクラッド層LA1
発光体

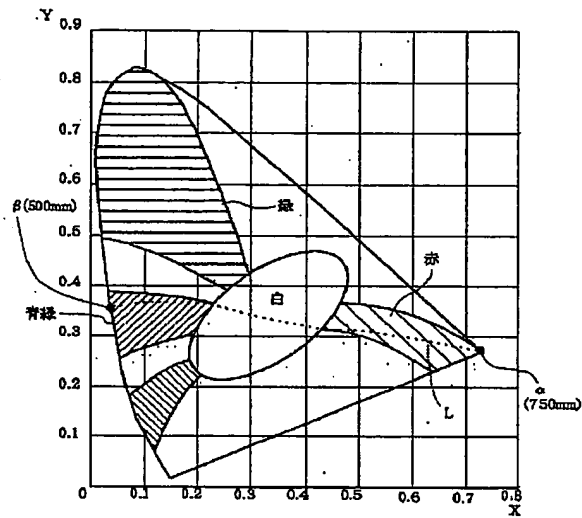
(b) エッチングマスクLA4
LA3
LA2
LA1
Al₂O₃
発光体

(c) S1(第1電極)
LA3 LA2
S2(第2電極)
LA1
Al₂O₃

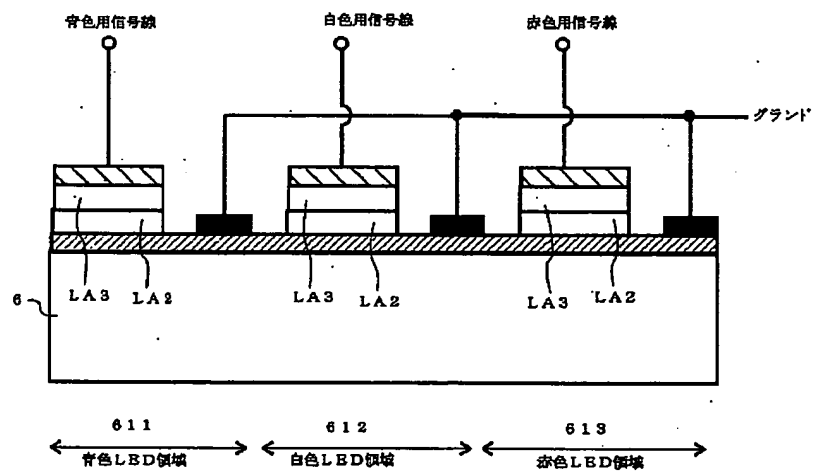
(d) S1
LA3
S2
LA2
LA1
Al₂O₃
発光体

(e) M(モールド)
45
42
41
42

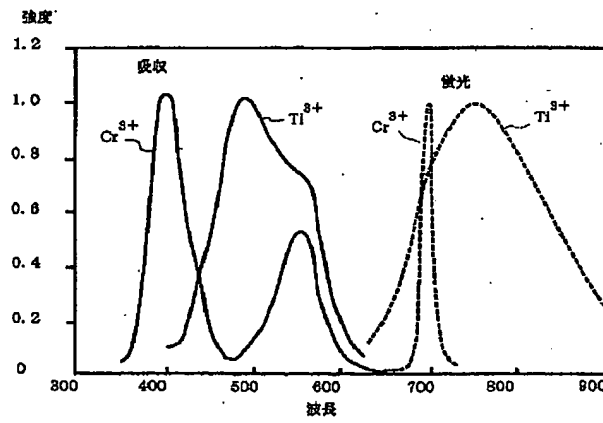
【図4】



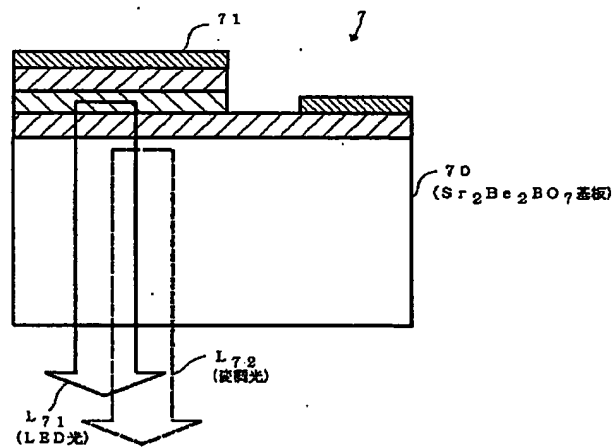
【図5】



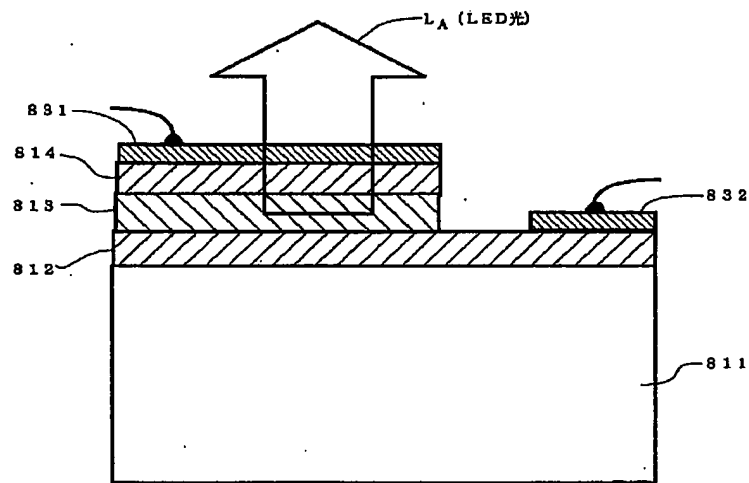
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

